

DOI: 10.12737/article\_5a001ab21494c2.36842754

<sup>1</sup>Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.,<sup>1</sup>Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,<sup>2</sup>Сулейманов А.Г., канд. техн. наук,<sup>1</sup>Коломацкий А.С., д-р техн. наук, проф.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова<sup>2</sup>ООО «Спако-Агростройинвест», г. Белгород

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПОД ОТВАЛАМИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД КМА ПУТЕМ АРМИРОВАНИЯ ИХ ОТКОСОВ

innapogorelova@yandex.ru

Разработан и исследован способ уменьшения потерь земельных ресурсов под отвалами вскрышных пород Курской магнитной аномалии. Армирование откосов отвалов вскрышных пород металлическими стержнями и пластиковыми сетками позволили увеличить угол откоса на 51 % и более и значительно сократить отвод земельных ресурсов под отвалы.

**Ключевые слова:** способ, уменьшение потерь земляных ресурсов, грунты, вскрышные породы, отвалы, армирование откосов.

При открытой разработке полезных ископаемых более половины площади нарушенных земель приходится на внешние породные отвалы [1].

Параметры отвалов должны обеспечивать наибольшую эффективность использования земельного отвода, т.е. складирование максимального объема вскрыши. Это достигается за счет увеличения высоты отвала до определенных пределов и придания ему такой формы, при которой обеспечивается минимальная землеемкость отвальных работ, т.е. максимальный угол откосов.

В настоящее время углы откосов в отвалах весьма незначительны 9...14°. На рис. 1 представлены профили I-I и IV-IV железнодорожного отвала №2 Лебединского ГОКа. По состоянию на 1.01.2001г. на площади 335 га в существующем контуре земельного отвода уложено 325 млн. м<sup>3</sup> породы. Величина прироста площадей под отвал №2 вскрышных пород за период 1972–2000 гг. составила 2,83 км<sup>2</sup>.

Целью настоящей работы является: уменьшение потерь земельных ресурсов под отвалы вскрышных пород Лебединского ГОКа путем увеличения крутизны откосов, используя армирование грунта в процессе его отсыпки.

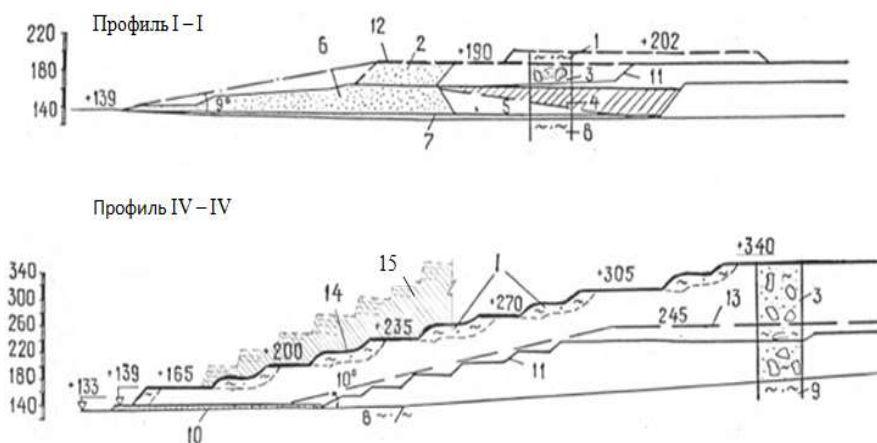


Рис. 1. Профили I - I и IV - IV железнодорожного отвала №2 Лебединского ГОКа:

- 1 – насыпной суглинок селективного складирования; 2 – насыпной песок селективного складирования;
- 3 – смесь отвальных пород; 4 – смесь пород зоны замещения (диссимилиации) ядерной части гидроотвала отвальными грунтами; 5 – породы ядерной зоны, не замещенные отвальными грунтами; 6 – песчаная призма гидроотвала; 7 – намывные суглинки; 8 – илистые гумусированные и заторфованные суглинки основания;
- 9 – лессовидные суглинки основания; 10 – фильтрующая пригрузка пойменных отложений;
- 11 – фактические контуры отвала и гидроотвала; 12 – рекомендуемый контур комбинированного отвала;
- 13 – проектный контур гидроотвала; 14 – рекомендуемый контур перспективного развития отвала;
- 15 – расположение армированных откосов

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- изучить состав и физико-механические характеристики заскладированных пород на примере железнодорожного отвала №2 Лебединского ГОКа;
- установить влияние степени армирования грунта (геотекстиль, пластиковые стержни) на его прочностные характеристики –  $\varphi$  и  $C$ ;
- разработать методику расчета устойчивости откосов армированных отвалов;
- установить экономический эффект от использования армированных отвалов вскрышных пород.

Исходя из данных, приведенных в [2], при бурении скважин в отвалах Лебединского ГОКа глубиной 45...50 м, с отбором образцов и их исследований, установлено следующее напластование грунтов (пород) и их прочностные характеристики:

- суглинки иловатые (ald – QIII):  $\varphi = 17,1^\circ$ ;  $C = 0,022$  МПа (коэффициент доверительной вероятности 0,95);
- суглинки лессовидные слабомакропористые (ls – QIII):  $\varphi = 18,3^\circ$ ;  $C = 0,025$  МПа;
- суглинки лессовидные слабомакропористые (ls – QIII):  $\varphi = 16,6^\circ$ ;  $C = 0,027$  МПа;
- глины средне- и слабозаторфованные (ald – QIV):  $\varphi = 8,7^\circ$ ;  $C = 0,018$  МПа;
- суглинки средне- и слабозаторфованные (ald – QIV):  $\varphi = 14,4^\circ$ ;  $C = 0,017$  МПа;
- торфы (ald – QIV):  $\varphi = 14,4^\circ$ ;  $C = 0,012$  МПа;
- илы (ald – QIV):  $\varphi = 8,3^\circ$ ;  $C = 0,011$  МПа.

Учитывая, что мощность пластов колеблется в небольших пределах 17...20 м, средневзвешенное значение прочностных характеристик пород в этом отвале составила:  $\varphi_{cp} = 10,8^\circ$ ;  $C_{cp} = 0,015$  МПа.

Согласно методу круглоцилиндрических поверхностей, расчетная схема которого приведена на рис. 2, при однородной толщине отвала, т.е.  $\varphi = const$ ,  $C = const$  и  $\gamma = const$ , удерживающий момент равен:

$$M_{уд} = \sum N_i \operatorname{tg} \varphi + cL; \quad (1)$$

вращающий момент:

$$M_{вр} = \sum (\pm H_i), \quad H = P \operatorname{tg} \varphi. \quad (2)$$

Как видно из приведенных выражений (1) и (2) устойчивость откоса, согласно методу круглоцилиндрических поверхностей, зависит от угла внутреннего трения насыпи –  $\varphi$  и его коэффициента трения  $\operatorname{tg} \varphi$ .

При использовании метода горизонтальных сил, основной принцип которого приведен на рис. 3, удерживающий момент равен:

$$M_{уд} = P[\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg}(\alpha - \Psi_p)]; \quad (3)$$

вращающий момент

$$M_{вр} = \sum (\pm H_i). \quad (4)$$

Как и в предыдущем случае, устойчивость откоса зависит от угла внутреннего трения  $\varphi$  и коэффициента трения  $\operatorname{tg} \varphi$ .

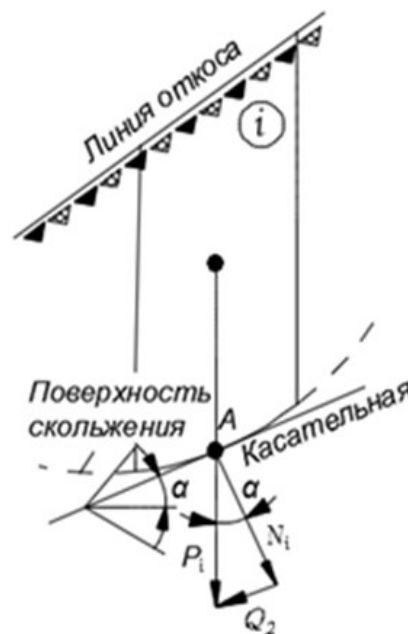


Рис. 2. Расчетная схема по оценке степени устойчивости откоса (длина дуги линии скольжения в пределах расчетного блока  $L_i$ )

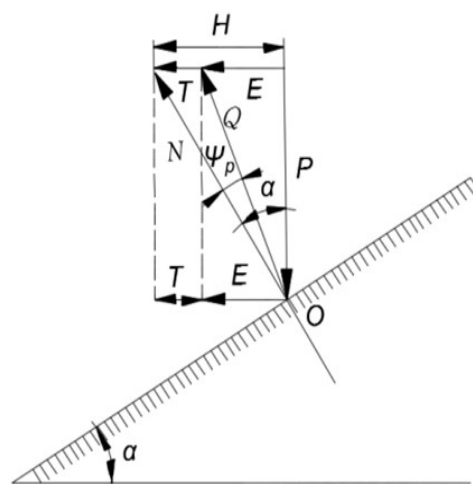


Рис. 3. Основной принцип метода «горизонтальных сил»

Как следует из работ [1, 6, 7], армирование грунтов в насыпях значительно увеличивает их устойчивость и угол откоса. Проведенные нами лабораторные исследования [6] и исследования армированных грунтов, проведенные в Тамбовском государственном техническом университете [7], позволили установить степень увеличения прочностных характеристик мелкого песка при его армировании.

Нами проводились лабораторные

исследования на приборе одноплоскостного сдвига конструкции института «Гидропроект» (рис. 4).

Срез производили при вертикальной нагрузке 0,075; 0,125 и 0,175 МПа.

В качестве армирующего материала использовали: медную и алюминиевую проволоку диаметром 0,2...2,0 мм. Все армирующие элементы располагались перпендикулярно плоскости среза. Процент армирования колебался от 7 до 45 %.

Результаты проведенных лабораторных исследований армированного грунта представлены на рис. 5 и 6.



Рис. 4. Сдвиговый прибор конструкции института «Гидропроект»

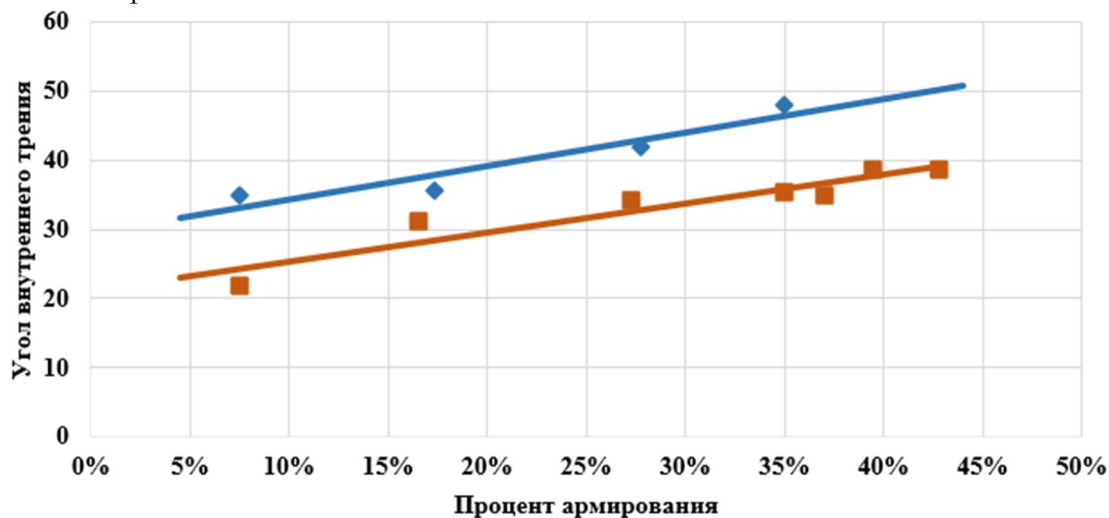


Рис. 5. Зависимость угла внутреннего трения грунтов от процента армирования образца:

— для песка мелкого; — для суглинка (W = 18%)

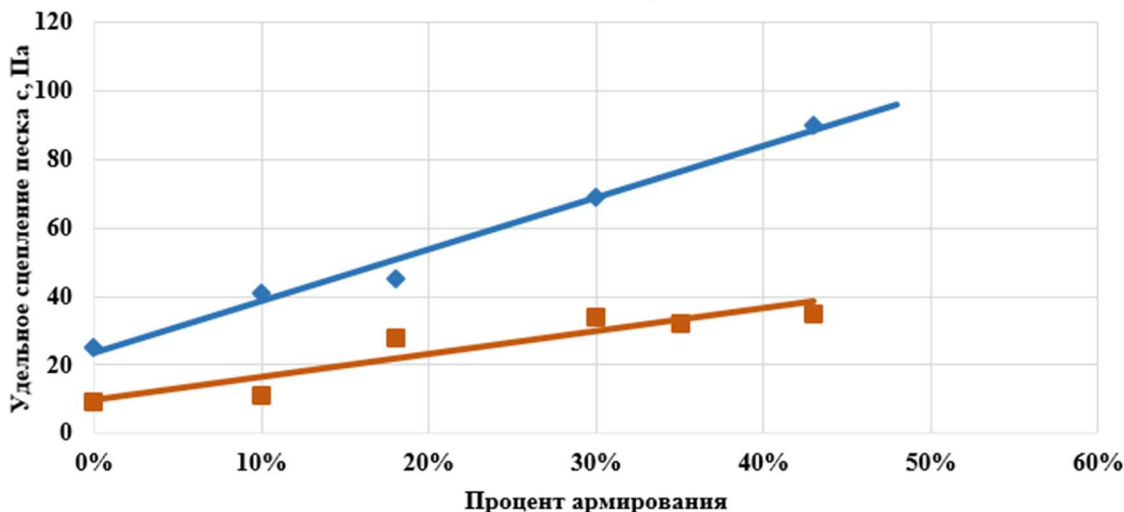


Рис. 6. Зависимость удельного сцепление песка мелкого (—) и суглинка (—) от процента армирования образца грунта

Полученные результаты позволили установить степень увеличения прочностных характеристик песчаного и глинистого грунтов путем его армирования стержнями. Так, при возрастании процента армирования песчаного грунта с 10 до 45 % угол внутреннего трения его увеличивается с 32° до 50° (на 56 %), для

глинистого грунта при тех же условиях угол внутреннего трения увеличивается с 22° до 40°, т.е. на 80 %. Удельное сцепление песчаного грунта при увеличении процента армирования возрастает с 9 Па до 35 Па (на 288 %), удельное сцепление глинистого грунта увеличивается с 25 Па до 95 Па (т.е. на 280 %).

Полученные данные показали, что в исследованиях приняты завышенные проценты армирования (до 45 %) и, следовательно, относительное увеличение угла внутреннего трения и сцепления песчаного и глинистого грунтов. Более близкое значение процента армирования откосов принято в работе [7].

Поэтому из вышеприведенных данных и данных, приведенных в работе [7] для расчета устойчивости армированных откосов вскрышных пород, было принято меньшее значение, т.е. увеличение угла внутреннего трения на 28 % – при армировании отдельными стержнями и 51 % – при армировании пластиковыми сетками, согласно [7].

На примере железнодорожного отвала № 2 Лебединского ГОКа легко установить, что средневзвешенное значение угла внутреннего трения пород (грунтов) возрастет с  $10,8^\circ$  до  $14^\circ$  при армировании их отдельными пластиковыми стержнями и до  $15,5^\circ$  при армировании пластиковыми сетками.

Подставляя новые значения коэффициентов трения  $\text{tg}\varphi$  в выражение (1) – для метода круглоцилиндрических поверхностей и в выражение (3) – для метода горизонтальных сил, получаем значения безопасного откоса заармированного отвала на 28 % и 51 % больше, чем без арматуры. Это позволяет, кроме того, что увеличить угол откоса, увеличить толщину отсыпаемого уступа и уменьшить шаг уступов.

На рис. 1 показано на профиле IV – IV ориентировочное расположение армированных откосов. Как следует из полученного профиля, объем отвалов увеличивается примерно на 30...35 % по отношению к неармированным откосам. Увеличение объемов отвалов позволяет только на отвале №2 Лебединского ГОКа сократить площадь земельных ресурсов на  $0,8...1,0 \text{ км}^2/\text{год}$ .

Таким образом, полученные результаты лабораторных исследований способа увеличения угла откоса отвалов вскрышных пород на Лебединском ГОКе путем их армирования в процессе отсыпки, позволили сделать следующие выводы:

– армирование откосов сыпучих материалов на отвалах в процессе их отсыпки позволяет увеличить угол откоса как при расчете устойчивости откосов методом криволинейных поверхностей скольжения, так и при расчете методом горизонтальных сил;

– увеличение угла откосов приводит к увеличению объемов откосов на 30...35 % по отношению к неармированным откосам;

– при выборе вида арматуры для откосов предпочтение следует отдавать пластиковым

сеткам, т.к. при их применении угол откоса можно увеличить на 51 %, а при применении стержневой арматуры угол откоса увеличивается только на 28 %;

– армирование откосов в отвалах вскрышных пород позволяет сократить отвод земельных ресурсов под отвалы на  $0,8...1,0 \text{ км}^2/\text{год}$ ;

– при продолжении исследований в этом направлении, необходимо на опытном участке одного из отвалов Лебединского ГОКа произвести отсыпку вскрышных пород с армированием его пластиковыми сетками с диаметром стержней 5...8 мм и с шагом  $100 \times 100$  мм в плане и с шагом  $0,5...0,7$  м по высоте отвала. На протяжении 1..5 лет проводить геодезические наблюдения за осадками этого участка.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Томаков П.Н., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т. Экология и охрана природы при открытых горных работах. М.: Издательство Московского государственного горного университета. 1994. 408 с.

2. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. Перевод с английского В.С. Забавина; Под ред. В.Г. Мельника. М.: Стройиздат, 1989. 280 с.

3. Отчет о научно – исследовательской работе №826ЮР «Инженерно – геологическое обоснование безопасных параметров отвалов Лебединского ГОКа, обеспечивающих их устойчивость и увеличение емкости». ОАО «НИИКМА». г. Губкин. 2001. 96 с.

4. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М.: Высшая школа, 1968. 630 с.

5. Отчет о научно – исследовательской работе «Разработка рекомендаций по обеспечению устойчивости, увеличению емкости и использованию под строительство отвалов, формируемых на слабом основании»/ НПО «ВИОГЕМ». № ГР 01900018734 г. Бнлгород 1990. 142 с.

6. Кочерженко В.В., Карякин В.Ф. Лабораторные исследования влияния армирования грунтов на их прочностные характеристики.// Эффективные конструкции и материалы зданий и сооружений: Межвуз. сборник трудов. г. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. С. 96–103.

7. Прокин Д.А., Антонов В.М. Исследование прочностных и деформационных характеристик армированных грунтов / Сб. научных трудов Тамбовского государственного технического университета. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 80 с.

*Информация об авторах*

**Кочерженко Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: vvkpgs1946@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Сулейманов Абдулла Гасанович**, кандидат технических наук, генеральный директор.

ООО «Спако-Агростройинвест».

E-mail: saq1909@yandex.ru

Адрес: Россия, 308009, Белгород, ул. Разуменская, д. 10.

**Коломацкий Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: kolomatskiy@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в сентябре 2017 г.*

© Кочерженко В.В., Погорелова И.А., Сулейманов А.Г., Коломацкий А.С., 2017

---

**Kocherzhenko V.V., Pogorelova I.A., Suleymanov A.G., Kolomatsky A.S.  
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF WAY OF REDUCTION OF LOSS  
OF LAND RESOURCES UNDER DUMPS OF OVERBURDEN OF KMA  
BY REINFORCING THEIR ESCARPMENTS**

*There was developed and researched a method of reduction of loss of land resources under dumps of overburden of Kursk Magnetic Anomaly. Reinforcing of escarpments of dumps of overburden by pencil rods and plastic nets allowed to increase angle of escarpment on 51 % and more and greatly reduce diversion of land resources under dumps.*

**Keywords:** *method, reduction of loss of land resources, soils, overburden, reinforcing of escarpments.*

---

*Information about the authors*

**Kocherzhenko Vladimir Vasilievich**, Ph.D., Professor.

E-mail: vvkpgs1946@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukovst. 46.

**Pogorelova Inna Aleksandrovna**, Ph.D., Assistant professor.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukovst. 46.

**Suleymanov Abdulla Gasanovich**, Ph.D., general director

E-mail: saq1909@yandex.ru

ООО (Limited Liability Company) «Spako-Agrostroyinvest».

Russia, 308009, Belgorod, Razumenskaya st.10.

**Kolomatsky Alexander Sergeevich**, Ph.D., Professor.

E-mail: kolomatskiy@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukovst. 46.

---

*Received in September 2017*

© Kocherzhenko V.V., Pogorelova I.A., Suleymanov A.G., Kolomatsky A.S., 2017

---